樹木群の密度が縦断的に変化する複断面開水路の流れの解析

広島大学　工学部　　渡辺明英
広島大学　工学部　　福岡捷二
日本建設コンサルタント　○軽部　裕

１．はじめに

低水路の河岸沿いに樹木が群生している河道では、洪水時に樹木群に起因する大きな水平混合によってせん断力が増大し、水位が上昇する[1]。この樹木群の抵抗を見積もるために境界混合係数[1]の概念が導入され、これは河道計画において樹木群による水位上昇を求める場合に使われている。この境界混合係数は、実験と解析の結果から与えられているが、これらの検討では樹木群は流下方向に一定の密度となっていることが仮定されている。しかしながら、実際には樹木の繁茂状況は縦断的に変化し、連続的でもない。このように樹木群の密度が縦断的に変化している場合には、抵抗の大きさが縦断的に変化することが実験から示されている[2]。本文では、著者らが開発した平面二次元流解析モデル[3][4][5][6]によって、樹木群の密度を縦断的に変化させた場合に、樹木群による抵抗が縦断的にどのように変化するかということについて理論的に検討した結果について述べる。

２．計算条件

図１は、解析に用いた水路の断面を示している。水理条件は、水路勾配 1/600で、低水路水深8～9cm程度，高水敷水深4～5cm程度となるように設定されている。樹木群の透過係数は、K= 0.38(m/s)を樹木群が密な場合の値とし、樹木群が疎な部分での透過係数は、この４倍の値とした。樹木群が全て密な場合、全て疎な場合に対して、樹木群が疎から密に変化する場合の計３ケースを想定し、平面流解析を行う。平面流解析では、実験[2]で見られた最大波長2.4mを１次モードとして、８次モードまで取り扱っている。各モードの波長は（2.4m／モード次数）で表される。樹木群の密度を変化させる位置は、波長1.2mの２次モードが十分発達する位置とし、本ケースでは流下距離６ｍとした。計算上の流下距離は、（波速ｃ×時間ｔ）から求められる。波速ｃは、複断面の場合には低水路と高水敷上で流速差が大きいので問題がある可能性があるが、低水路側の平面渦の中心位置の平均流速の値が波速であるとして、そのままの値を用いている。渦の中心位置は、主流の変動流速の位相が横断方向に急変する位置として求めている。

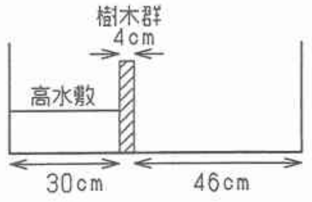

図１　水路形状

３．計算結果

図２は、先に述べた３ケースについて低水路側の樹木群近傍における低周波成分によるレイノルズ応力の計算値の流下方向変化を示している。これより、流下距離が長くなるとせん断力は減少していき、どのケースについても同様な値となっていることが分かる。しかし、樹木群が疎な場合には流下し始めの位置においてレイノルズ応力が急速に発達し、

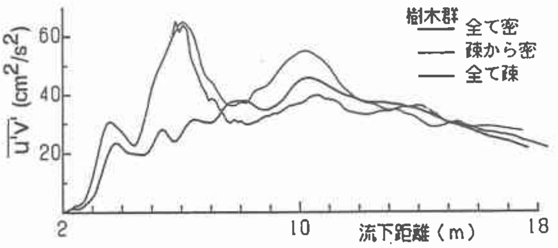

図２　低水路側のせん断力の流下方向変化

大きな値となっている。このとき、レイノルズ応力は密な場合の２倍程度となっている。また、樹木群の密度を疎から密に変化させた場合には、数m流下していく間に疎な場合の抵抗値から密な場合の抵抗値に変化していっている。図３は、樹木群密度が疎から密に変化する場合の上下流の平均流速分布と樹木群密度が密な場合の上流の流速分布を示したものである。せん断力が大きな場合に速度欠損が大きくなっている。

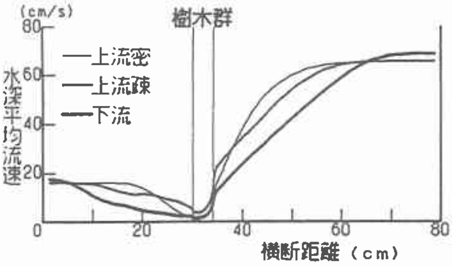

図３　平均流速の横断分布

図４、図５はそれぞれ樹木群密度が疎から密に変わる場合と全て密とした場合における樹木群近傍における(a)低水路側と(b)高水敷側の低周波成分によるレイノルズ応力を各成分毎に示したものである。両者を比較すると樹木群の透過係数が大きい場合には、本計算条件では低水路側で波長1.2mの成分が大きく発達することによって大きなせん断力が生じていることが分かる。また、どちらも低水路側では最終的に１次成分が卓越してくるが、高水敷側では１次成分と２次成分が同程度の強さを持っていること、低水路側で波長2.4mの成分によるせん断力が一度大きくなった後に減少し、２次モードが再び現れてきている。

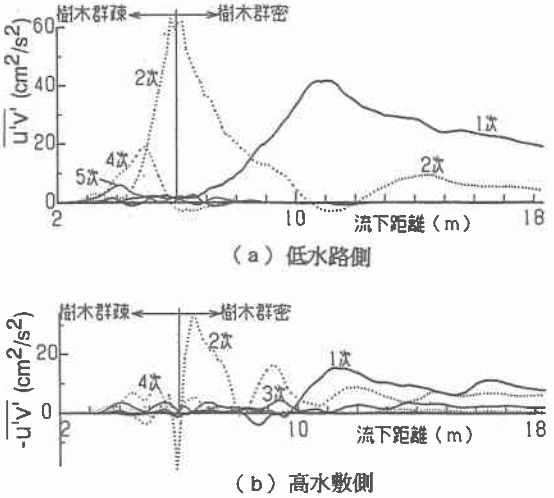

図４　各成分のレイノルズ応力の流下方向変化
（樹木群が疎から密に変化する場合）

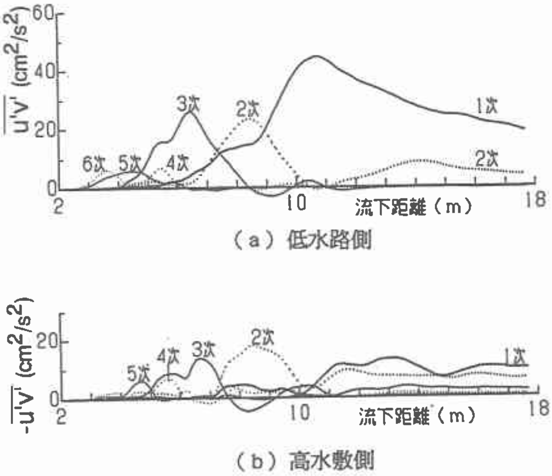

図５　各成分のレイノルズ応力の流下方向変化
（樹木群が全て密な場合）

４．おわりに

樹木群の密度が縦断的に変化する場に平面流解析法を適用した結果、樹木群の密度が疎な場合の方が初期段階において混合場が速く発達し、一時的に大きなせん断力を発生させることによって、洪水流に対する抵抗を増大させること、流下距離が長くなると密な場合と同様な抵抗の値になることが示された。

参考文献

1）福岡・藤田：土木研究所報告第180号，1990.　2）西野他：土木学会中国支部年次講演会概要集，1996.
3）福岡他：土木学会論文集No.509/II-30，pp.79-88，1995.　4）福岡他：土木学会論文集No.491/II-27，pp.41-50，1994.　5）渡辺他：水工学論文集第38巻，pp.357-362，1994.　6）渡辺・福岡：土木学会論文集No.503/II-29，pp.79-88，1994.